



Sifat mekanik papan partikel tempurung kelapa menggunakan perekat resin epoksi

Mechanical properties of coconut shell particle board using epoxy resin adhesive

Zia Nurkhalida Hatta, Mursal, dan I. Ismail*

Received 15 December 2020

Accepted 26 December 2020

Published April 2021

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

Abstrak. Papan partikel merupakan komposit yang tersusun dari *filler* (penguat) dan matriks (pengikat). Papan partikel dapat dibuat dari bahan limbah pertanian yang mengandung selulosa seperti tempurung kelapa. Penelitian ini menggunakan limbah tempurung kelapa sebagai *filler* dan resin epoksi (RE) sebagai matriks. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan ukuran partikel tempurung kelapa (60, 80, 100 dan 120 mesh) dan komposisi *filler* tempurung kelapa:perekat RE (70:30, 75:25, 80:20, dan 85:15 vol.%) untuk memperoleh sifat mekanik yang terbaik. Sifat mekanik yang diuji adalah *modulus of elasticity*, *modulus of rupture*, dan kuat tekan. Sifat mekanik papan partikel diuji sesuai standar ASTM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat mekanik menurun dengan bertambahnya komposisi tempurung kelapa. Namun sifat mekanik meningkat dengan mengecilnya ukuran partikel dari 60 ke 120 mesh. Papan partikel yang dihasilkan memenuhi persyaratan ANSI untuk ukuran partikel 120 mesh, komposisi tempurung kelapa 80 vol.%, dan RE 20 vol.%.

Abstract. Particle board is a composite composed of filler (reinforcement) and a matrix (binder). Particle board can be made of agricultural waste material containing cellulose such as a coconut shell. This study used coconut shell particles as a filler and epoxy resin (RE) as a matrix. The research was conducted by varying the particle size of coconut shells (60, 80, 100 and 120 mesh) and the composition of coconut shell fillers:RE adhesive (70:30, 75:25, 80:20, and 85:15 vol.%) to obtain the best mechanical properties. The mechanical properties tested were modulus of elasticity, modulus of rupture, and compressive strength. Particleboard was tested according to ASTM standards. The results showed that the mechanical properties decreased with increasing coconut shell composition. However, the mechanical properties increased as the particle size decreased from 60 to 120 mesh. The resulting particle board meets ANSI requirements for a particle size of 120 mesh, 80 vol.% of coconut shell composition, and 20 vol.% of RE.

Keywords: Coconut Shell, Epoxy Resin, Mechanical Properties, Particle Board

Pendahuluan

Papan telah menjadi kebutuhan primer bagi masyarakat, sehingga permintaan papan semakin meningkat disetiap tahunnya. Namun, kuantitas ketersediaan papan dari hutan semakin berkurang dikarenakan berbagai faktor dimana angka kerusakan hutan menjadi salah satu penyebabnya. Dengan demikian, inovasi dalam produksi papan perlu dilakukan untuk menanggulangi permasalahan tersebut. Salah satu inovasi yang dapat dilakukan adalah melalui produksi papan partikel dengan menggunakan limbah-limbah organik yang ketersediaannya melimpah di alam namun belum dimanfaatkan dengan optimal. Salah satu limbah organik yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan papan partikel adalah tempurung kelapa (Misnon, 2013; Ismail, 2019). Pada tahun 2018, Indonesia memproduksi kelapa sebanyak 19 juta ton (Business wire, 2019). Angka produksi kelapa yang tinggi menunjukkan ketersediaan tempurung kelapa dalam jumlah yang besar dan dapat dimanfaatkan dalam proses fabrikasi papan partikel.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tempurung kelapa mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin (Bledzki, 2010). Selulosa dan hemiselulosa merupakan serat yang berpotensi menjadi pengisi dalam

pembuatan bahan komposit. Tempurung kelapa memiliki karakteristik daya tahan yang baik, ketangguhan tinggi dan sifat tahan abrasi (Husseinsyah, 2011). Tempurung kelapa dapat dimanfaatkan untuk membuat papan partikel dengan mencampurkan bahan pengikat tertentu. Hasil penelitian Manjunatha (2017) menunjukkan bahwa partikel tempurung kelapa dapat digunakan untuk komposit. Xianjun Li (2010) berargumen bahwa sifat papan partikel sangat bergantung pada ukuran partikel dan jenis perekat.

RE merupakan salah satu perekat sintetis yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk untuk membuat komposit. RE dapat menahan beban (*strenght bond*) hingga 9000 kg/m², dengan demikian perekat epoksi termasuk kalangan perekat superior (Tano, 1997). Kelebihan RE lainnya adalah mempunyai tingkat toksik yang rendah jika dibandingkan dengan perekat yang umum digunakan lainnya (Boyle, 2001). Oleh karena itu, RE merupakan perekat yang cukup baik untuk digunakan sebagai perekat papan partikel. Tidak hanya itu, penggunaan RE akan lebih mudah dikarenakan perekat ini dapat dicetak tanpa proses *hot-press*. Dalam penelitian ini kami meneliti sifat mekanik papan partikel yang terbuat dari partikel tempurung kelapa dengan menggunakan

perekat epoksi. Ukuran partikel tempurung kelapa dan komposisinya divariasikan.

Metodologi

Pembuatan sampel papan partikel dipersiapkan seperti langkah berikut ini. Tempurung kelapa dikumpulkan dari pasar tradisional di Banda Aceh. Tempurung kelapa dibersihkan, dikeringkan, digiling kemudian diayak dengan saringan untuk memperoleh ukuran partikel 60, 80, 100 dan 120 mesh. Matriks yang digunakan adalah RE produksi Avian. Partikel tempurung kelapa dicampurkan dengan matriks dengan memvariasikan komposisi. Adapun komposisi tempurung kelapa:epoksi adalah 70:30, 75:25, 80:20, dan 85:15 (vol.%). Partikel tempurung kelapa dicampur dengan matriks (epoksi), kemudian dicetak dengan ukuran 15 x 15 x 1 cm yang selanjutnya dipress dengan Press Hidrolik yang diberi tekanan sebesar 9 ton selama 30 menit untuk menghasilkan sampel papan partikel. Sampel kemudian dipotong sesuai dengan acuan standar papan partikel ASTM D790-03. Sifat mekanis yang diuji adalah *modulus of elasticity*, *modulus of rupture*, dan kuat tekan. Ukuran sampel untuk uji *modulus of elasticity* dan *modulus of rupture* adalah 12,7 x 1,27 x 0,4 cm. Ukuran sampel untuk uji kuat tekan adalah 5 x 5 x 0,4 cm.

Sampel yang telah dipotong dilakukan pengujian menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Selanjutnya nilai *modulus of elasticity* (MOE) sampel uji dihitung menggunakan persamaan (1).

$$MOE = \frac{\Delta P}{\Delta y} \frac{S^3}{4.b.d^3} \quad (1)$$

Dimana, S adalah jarak sangga sampel, b lebar sampel, d adalah tebal sampel, $\Delta P/\Delta y$ adalah kemiringan garis lurus dari kurva beban-deformasi. Nilai *modulus of rupture* (MOR) sampel dihitung menggunakan persamaan (2).

$$MOR = \frac{3.P_{mak}.S}{2.b.d^2} \quad (2)$$

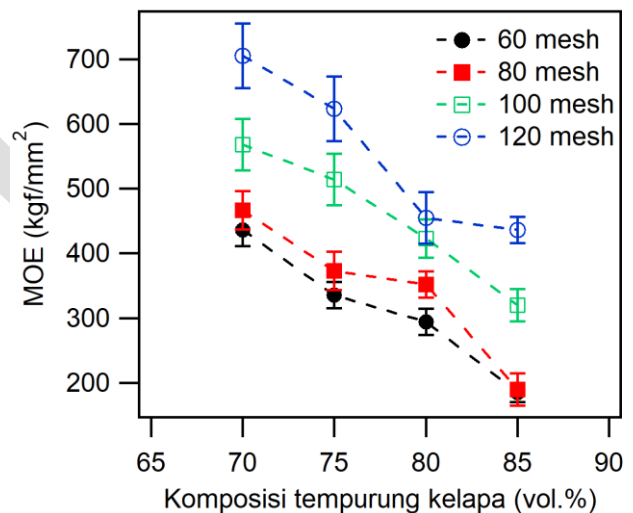
Dimana P_{mak} adalah beban maksimum, S adalah jarak sangga sampel, b lebar sampel, d adalah tebal sampel. Nilai kuat tekan ditentukan dengan menggunakan persamaan (3).

$$\sigma = \frac{F_{mak}}{A} \quad (3)$$

Dimana, F_{mak} adalah beban maksimum yang diberikan pada sampel, A adalah luas penampang sampel, dan σ adalah kuat tekan sampel.

Hasil Penelitian

MOE papan partikel terbuat dari tempurung kelapa dan resin epoksi pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Untuk ukuran partikel tempurung kelapa 60 mesh, nilai MOE untuk komposisi tempurung kelapa 70 vol.% adalah 436 kgf/mm². Untuk komposisi tempurung kelapa 75 vol.%, nilai MOE menurun menjadi 336 kgf/mm². Nilai MOE terus menurun dengan bertambahnya komposisi tempurung kelapa. Tren ini juga terjadi untuk ukuran partikel 80, 100, dan 120 mesh seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Nilai MOE meningkat dari ukuran 60 ke 120 mesh untuk komposisi yang sama. Nilai modulus elastisitas dari papan partikel tertinggi yaitu 705 kgf/mm² yang diperoleh pada komposisi tempurung kelapa 70 vol.%, resin epoksi 30 vol.%, dengan ukuran partikel tempurung kelapa 120 Mesh. Sedangkan nilai modulus elastisitas terendah yaitu 185 kgf/mm² yang didapatkan pada papan partikel dengan komposisi tempurung kelapa 85 vol.% dan resin epoksi 15 vol.% dengan ukuran partikel 60 mesh.



Gambar 1. Modulus of elasticity (MOE) papan partikel

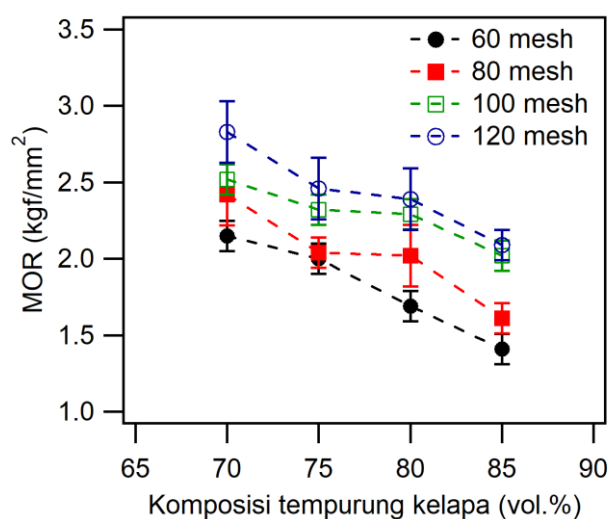
Dari Gambar 1 dapat dipahami bahwa papan partikel dengan ukuran partikel yang lebih kecil dan komposisi resin yang lebih banyak memiliki MOE yang lebih tinggi dibandingkan dengan papan partikel dengan ukuran partikel yang lebih kecil dan komposisi resin epoksi yang lebih sedikit. Rendahnya nilai MOE dapat disebabkan karena adanya pori (kekosongan) pada sampel papan partikel yang dikarenakan ikatan partikel dan matrik tidak begitu sempurna dan menyebabkan kekosongan pada saat proses *pressing* dilakukan. Pada keadaan ini, saat papan partikel tersebut menerima beban, maka pada daerah void kekuatan papan partikel (MOE) menurun.

Perbandingan MOE dari studi ini yang tertinggi dengan MOE dari sejumlah studi sebelumnya ditunjukkan pada Tabel 1. MOE dari studi ini jauh lebih besar dari nilai MOE papan partikel jerami padi dengan perekat polymeric diphenylmethane diisocyanate (Xianjun *et al.*; 2010) dan dengan perekat urea formaldehyde (Xianjun *et*

al.; 2010). Nilai MOE dari studi ini juga lebih besar dari papan partikel dari tempurung kelapa dengan menggunakan resin epoksi yang dilaporkan oleh Sari *et al.* (2020). Namun, nilai MOE dari studi ini lebih kecil dari papan partikel (*nano board*) tempurung kelapa dengan perekat resin epoksi (Ismail, 2020). Perbedaan nilai MOE hasil studi ini dengan studi sebelumnya kemungkinan disebabkan karena beda komposisi atau ukuran partikel.

Tabel 1. MOE dari beberapa jenis papan partikel

Jenis Papan Partikel	MOE (kgf/mm ²)	Ref.
Jerami padi & polymeric diphenylmethane diisocyanate	255	Xianjun, 2010
Jerami padi & urea formaldehyde	163	Xianjun, 2010
Jerami padi & resin epoksi	1490	Ismail, 2018
Tempurung kelapa & resin epoksi	526	Sari, 2020
Tempurung kelapa & epoxy resin (<i>nano board</i>)	1580	Ismail, 2020
Tempurung kelapa & resin epoksi	705	studi ini



Gambar 2. Modulus of rupture (MOR) papan partikel

Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian MOR dari komposit partikel tempurung kelapa dengan menggunakan perekat resin epoksi. Untuk ukuran partikel 60 mesh, MOR papan partikel diperoleh 2,15 kgf/mm². Papan partikel dengan komposisi 85 vol.% tempurung kelapa dan 15 vol.% resin epoksi mempunyai nilai MOR sebesar 1,41 kgf/mm². Untuk komposisi tempurung kelapa 70 vol.%, nilai MOR meningkat dengan mengecilnya ukuran partikel. Nilai MOR untuk komposisi tempurung kelapa 70 vol.%, resin epoksi 30 vol.%, dan ukuran partikel tempurung kelapa 120 mesh adalah 2,83 kgf/mm².

Secara umum, Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai MOR papan partikel semakin membaik dengan mengecilnya ukuran partikel.

Nilai MOR papan partikel menurun dengan bertambahnya komposisi tempurung kelapa. Tren ini terjadi untuk semua ukuran partikel seperti yang terlihat pada Gambar 2. Berkurangnya jumlah tempurung kelapa dan bertambahnya jumlah perekat dapat mengakibatkan ikatan antara partikel tempurung kelapa dengan perekat (resin epoksi). Hal ini akan meningkatkan kemampuan papan partikel menahan beban. Secara umum, nilai MOR papan komposit menurun seiring berkurangnya jumlah perekat. Dengan semakin berkurangnya komposisi perekat dalam suatu papan komposit maka mengakibatkan lemahnya interaksi antara tempurung kelapa dengan perekat resin epoksi yang mengakibatkan daya ikat pegisi semakin rendah. Hal ini dapat menyebabkan kemampuan papan partikel menurun untuk menahan beban.

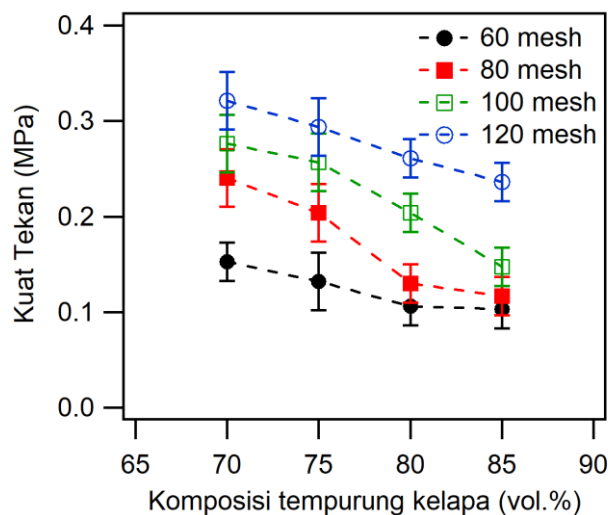
Nilai MOR papan partikel tempurung kelapa yang diukur oleh Sari (2020) dengan perekat resin adalah 1,84 kgf/mm², pada penelitian ini adalah 2,83 kgf/mm² yang mana didapatkan lebih besar. Namun, sama halnya seperti MOE, nilai MOR dari penelitian ini jauh lebih kecil dari MOR yang diperoleh dari nano board tempurung kelapa dengan perekat resin epoksi (Ismail, 2020). Sejumlah MOR dari hasil penelitian sebelumnya ditunjukkan pada Tabel 2. Perbedaan nilai MOR antara satu papan partikel dengan yang lain kemungkinan karena beda komposisi atau ukuran partikel.

Tabel 2. MOR dari beberapa jenis papan partikel

Jenis Papan Partikel	MOR (kgf/mm ²)	Ref.
Jerami padi & perekat polyethylene	2,55	Mohammadi, 2016
Jerami padi & perekat polypropylene	2,24	Mohammadi, 2016
Jerami padi & urea formaldehyde	2,04	Yang, 2003
Jerami padi & resin epoksi	3,31	Ismail, 2018
Tempurung kelapa & resin epoksi	1,84	Sari, 2020
Tempurung kelapa & epoxy resin (<i>nano board</i>)	7,02	Ismail, 2020
Tempurung kelapa & resin epoksi	2,83	studi ini

Kuat tekan papan partikel tempurung kelapa dengan menggunakan perekat resin epoksi ditunjukkan pada Gambar 3. Untuk ukuran partikel tempurung kelapa 60 mesh, kuat tekan papan partikel dengan komposisi 70 vol.% tempurung kelapa adalah 0,1526 MPa. Untuk ukuran partikel yang sama, pada komposisi tempurung kelapa 75 vol.%, kuat tekan papan partikel menurun menjadi 0,1321 MPa. Kuat tekan menjadi 0,1028 MPa

pada komposisi tempurung kelapa 85 vol.% dan ukuran partikel 60 mesh. Untuk ukuran partikel 60 mesh, kuat tekan papan partikel menurun dengan bertambahnya komposisi tempurung kelapa. Untuk ukuran partikel 80 mesh, kuat tekan papan partikel diperoleh 0,2405 MPa untuk komposisi 70 vol.% tempurung kelapa. Untuk ukuran partikel yang sama, kuat tekan menurun ke 0,2037 MPa untuk komposisi tempurung kelapa 75 vol.%; 0,130 MPa untuk komposisi tempurung kelapa 80 vol. %; 0,117 MPa untuk komposisi tempurung kelapa 85 vol.%. Seperti ukuran partikel 60 mesh, kuat tekan papan partikel untuk ukuran partikel 80 mesh menurun dengan bertambahnya komposisi tempurung kelapa. Tren ini juga terjadi untuk ukuran partikel 100 dan 120 mesh seperti yang terlihat pada Gambar 3. Dengan meningkatnya komposisi tempurung kelapa, maka komposisi perekat (resin epoksi) menurun. Hal ini mengakibatkan ikatan antara butir tempurung kelapa dengan perekat menurun yang menyebabkan kekuatan papan partikel menurun.



Gambar 3. Kuat Tekan papan partikel

Pada komposisi tempurung kelapa 70 vol.%, kuat tekan bertambah dari 0,1526 MPa untuk ukuran partikel tempurung kelapa 60 mesh meningkat menjadi 0,2405 MPa untuk ukuran partikel 80 mesh. Kuat tekan papan partikel terus meningkat ke 0,3242 MPa untuk ukuran partikel 120 mesh. Kuat tekan papan partikel bertambah dengan berkurangnya ukuran partikel. Tren ini juga terjadi untuk komposisi-komposisi yang lain seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Penambahan partikel yang berukuran kecil akan mengurangi ruang kosong antar partikel sehingga memberikan ikatan yang lebih baik antar partikel. Sehingga kekuatan papan partikel meningkat.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai MOE yang terbaik dari papan tempurung kelapa dengan menggunakan perekat resin epoksi adalah 705 kgf/mm² yang diperoleh pada komposisi 70 vol.% tempurung kelapa, 30 vol. % perekat resin epoksi dengan ukuran partikel tempurung kelapa 120 mesh. Untuk komposisi

lebih banyak tempurung kelapa (85 vol.%), nilai MOE adalah 436 kgf/mm². Nilai MOE yang diperlukan untuk persyaratan papan partikel *American National Standard Institute* (ANSI, 2009) ditunjukkan pada Tabel 3, dimana nilainya dalam range 220 – 252 kgf/mm². Dengan demikian, papan partikel tempurung kelapa yang dihasilkan memenuhi persyaratan MOE untuk ANSI. Nilai MOR yang tertinggi dari penelitian ini adalah 2,83 kgf/mm² untuk ukuran partikel tempurung kelapa 120 mesh dengan komposisi 70 vol.% tempurung kelapa dan 30 vol. % perekat resin epoksi. Untuk ukuran partikel 120 mesh, komposisi tempurung kelapa 85 vol.%, nilai MOR adalah 2,09 kgf/mm². Nilai ini tidak memenuhi untuk persyaratan papan partikel grade H-3 walaupun memenuhi untuk grade H-1 dan H-2. Namun, untuk ukuran partikel 120 mesh dengan komposisi tempurung kelapa 80 vol.%, nilai MOR adalah 2,39 kgf/mm². Nilai ini memenuhi persyaratan ANSI untuk grade H-3.

Tabel 3. Persyaratan papan partikel menurut ANSI

Tipe/Grade	MOE (kgf/mm ²)	MOR (kgf/mm ²)
H-1	220	1,52
H-2	220	1,89
H-3	252	2,15

Kesimpulan

Sifat mekanik papan partikel dari tempurung kelapa dengan menggunakan resin epoksi sebagai matriks telah dievaluasi untuk ukuran partikel tempurung kelapa 60, 80, 100 dan 120 mesh dengan komposisi tempurung 70, 75, 80, dan 85 (vol. %). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sifat mekanik papan partikel dipengaruhi komposisi dan ukuran partikel tempurung kelapa. Sifat mekanik menurun dengan bertambahnya komposisi tempurung kelapa. Namun, sifat mekanik meningkat dengan mengecilnya ukuran partikel dari 60 ke 120 mesh. Papan partikel yang dihasilkan dengan ukuran partikel 120 mesh, komposisi tempurung kelapa 80 vol.%, perekat resin epoksi 20 vol.% memenuhi persyaratan ANSI. Dengan demikian, tempurung kelapa dan resin epoksi memiliki potensi besar dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan papan partikel standar.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Pemerintah Indonesia, Hibah Penelitian Skema WCR Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi dengan nomor kontrak No. 215/SP2H/LT/DPRM/2019 tanggal 8 Maret 2019.

Referensi

ANSI (2009) American National Standard Institute for particleboard, ANSI 208.1-2009.

- Bledzki, A. K.; Mamuna, A. A.; Volk, J. (2010) Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites: The effect of fibre physical, chemical and surface properties. *Composites Science and Technology* **70** 840–846
- Boyle, A. M., Martin C. J. and Neuner J. D. 2001. *Epoxy Resins. ASM Handbook Composites* (Materials Park: ASM International)
- Business Wire. Available at <https://www.businesswire.com/news/home/20190919005726/en/World-Coconuts-Market-Analysis-Forecast-Size-Trends> (accessed on 30 June 2020)
- Husseinsyah S. and Mostapha, M. (2011) The Effect of Filler Content on Properties of Coconut Shell Filled Polyester Composites. *Malaysian Polymer Journal* **6** 87-97
- Ismail, I.; Aini, Q.; Zulfalina; Jalil, Z.; Md Fadzullah, S.H.S. (2018) Mechanical and Physical Properties of the Rice Straw Particleboard with various compositions of the Epoxy Resin Matrix. *Journal of Physics: Conf. Series* **1120** 012014
- Ismail, I.; Arliyani; Jalil, Z.; Mursal; Olaiya, N.G.; Abdullah, C. K.; Fazita, M. R. N. and Abdul Khalil, H. P. S. (2020) Properties and Characterization of New Approach Organic Nanoparticle-Based Biocomposite Board. *Polymers* **12**(10) 2236
- Manjunata, C. G. H.; Ahmed, K. S. (2017) Experimental Characterization of coconut shell particle reinforced epoxy composite. *Journal of Materials and Environmental Sciences* **8**(5) 1661-1667
- Misnon, M.I., S.A. Bahan, M.M. Islam, and J.A. Epaarachchi. (2013) Integration of Textile Fabric and Coconut Shell in Particleboard. *Proc. of SPIE* **8793** 879305-2.
- Mohammadi, H.; Mirmehdi, S. M.; Huge, L. N. 2016. Rice Straw/Thermoplastic Composite: Effect of Filler Loading, Polymer Type and Moisture Absorption on the Performance. *CERNE* **22**(4) 449-456
- Sari, D. P. dan Mora (2020) Pengaruh Komposisi Tempurung Kelapa, Ampas Tebu, dan Perekat Resin Epoksi terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel. *Jurnal Fisika Unand* **9**(2) 264 – 269
- Tano, E. (1997) *Pedoman Membuat Perekat Sintetis*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Xianjun L.; Zhiyong C.; Winandy, J. E. and Basta, A. H. (2010) Selected properties of particleboard panels manufactured from rice straws of different geometries. *Bioresource Technology* **101** 4662-4666
- Yang, H. S.; Kim, D. J. and Kim, H. J. (2003) Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials. *Bioresource Technology* **86**, 117 – 121